

ผลงานฉบับเต็ม

ของ

นางปณิตดา เกษสุต

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 5

ตำแหน่งเลขที่ 2437

กลุ่มวิจัย

ศูนย์วิจัยข้าวปราชญ์บุรี

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 6ว.

ตำแหน่งเลขที่ 2437

กลุ่มวิจัย

ศูนย์วิจัยข้าวปราชญ์บุรี

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

การศึกษาคุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึก
Chemical Quality of Grain of Deepwater and Floating Rices

ปนัดดา เกษะสุต

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึก ดำเนินการ โดยวิเคราะห์หา ปริมาณอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก การสลายเมล็ดในด่างเพื่อใช้ในการประเมินค่าอุณหภูมิแป้งสุก ความหอม และการยี้ดตัวของข้าวสุก ของข้าวจากการทดลองเปรียบเทียบผลผลิตข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกในสถานี ระหว่างสถานี และนารายณ์ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีรับฝิดชอบ ระหว่างนาปี 2544-2546 จำนวนทั้งหมด 1,852 ตัวอย่าง เพื่อประโยชน์ในการศึกษาคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หนึ่งของโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกในด้านคุณภาพเมล็ด ผลการศึกษาพบว่าอมิโลสระดับต่ำ 35 ตัวอย่าง ปานกลาง 597 ตัวอย่าง และสูง 1,220 ตัวอย่าง ความคงตัวของแป้งสุกเป็นแบบ แข็ง ปานกลาง และอ่อน 379, 1,407 และ 66 ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิของแป้งสุกระดับสูง 565 ตัวอย่าง ปานกลาง 1,089 ตัวอย่าง และต่ำ 198 ตัวอย่าง ดังนั้นคุณภาพในการหุงต้มและรับประทานของข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าว่วนแข็ง และค่อนข้างแข็ง ต้องใช้น้ำในการหุงและเวลาในการหุงมาก การยี้ดตัวของข้าวสุกเป็นแบบปกติ อัตราการยี้ดตัวน้อยกว่า 1.9 เท่า และไม่พบกลิ่นหอมในทุกตัวอย่าง การปรับปรุงพันธุ์ที่ผ่านมามีตัวอย่างที่เป็นข้าวอมิโลสต่ำและปานกลางน้อย เนื่องจากอมิโลสต่ำเป็นยีนส์ด้อยต่อลักษณะปริมาณอมิโลสสูง ทำให้ได้สายพันธุ์ที่มีปริมาณอมิโลสสูงมากกว่าอมิโลสต่ำ

คำนำ

เมื่อก้าวถึงการยอมรับและความชอบของผู้บริโภคข้าวหมายถึงความพอใจคุณภาพข้าวในการรับประทาน (eating quality) การหุงต้ม (cooking quality) และรวมถึงการแปรรูป (processing) แต่โดยปกติแล้วผู้บริโภคคำนึงถึงคุณภาพการหุงต้มและรับประทานเป็นหลัก ความพอใจจะแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคและประเทศ และมีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อข้าวและตลาดข้าว ชาวจีน ญี่ปุ่น และเกาหลี นิยมบริโภคข้าวสุกที่นุ่มเหนียว ส่วนชาวอินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซียนิยมบริโภคข้าวสุกร่วนถึงค่อนข้างร่วน สำหรับประเทศไทยความชอบในการบริโภคข้าวแตกต่างกันในแต่ละภาค ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมบริโภคข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าที่มีความนุ่มเหนียว ส่วนภาคกลางและภาคใต้ส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวสุกร่วน ตลาดข้าวเจ้าในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (ตารางที่ 1) ดังนี้ (1) ข้าวสุกนุ่มและเหนียว (2) ข้าวสุกอ่อน (ขาวตาแห้ง) และ (3) ข้าวสุกร่วนแข็ง (เส้าไหหรือข้าวเคี้ยว) คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวควบคุมโดยคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว ซึ่งได้แก่ ปริมาณอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก คุณภาพแป้งสุก อัตราการยืดตัวของข้าวสุก และความหอม เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าข้าวขึ้นน้ำและน้ำลิกส่วนใหญ่มีคุณภาพเมล็ดไม่เหมาะกับการบริโภค ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและน้ำลิกนอกจากจะต้องปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิตสูงแล้วยังต้องมีคุณภาพเมล็ดที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าวเป็นส่วนหนึ่งของโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและน้ำลิก เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดว่าการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดบรรลุตามจุดประสงค์มากน้อยเพียงไร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพข้าวสุก

พันธุ์ข้าว	เมล็ดยาว (มม.)	อมิโลส (%)	อุณหภูมิแป้งสุก	ความคงตัวแป้งสุก
ข้าวสุกนุ่มและเหนียว				
ขาวดอกมะลิ 105*	7.2-7.6	13-18	ต่ำ	อ่อน
กข15*	7.5	14.17	ต่ำ	อ่อน
กข21	7.3	17-19	ต่ำ	อ่อน
ปทุมธานี1*	7.3-7.8	14-18	ต่ำ	อ่อน
ข้าวสุกอ่อน (ขาวตาแห้ง)				
ขาวปากหม้อ	7.7	24-26	ปานกลาง	อ่อน
ขาวตาแห้ง17	7.5	24-28	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
กข7	7.2	22-26	ปานกลาง	อ่อน
กข23	7.3	20-26	ปานกลาง	อ่อน
สุพรรณบุรี60	7.5	20-26	ต่ำ	ปานกลาง
ข้าวสุกร่วนแข็ง (เส้าไหหรือข้าวเคี้ยว)				
เหลืองใหญ่148	7.3	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
น้ำสะกดย19	7.6	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
เหลืองประทิว123	7.4	28-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
เล็บมือนาง111	7.6	29-32	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง-อ่อน
ปิ่นแก้ว56	7.5	29-31	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
กข11	7.6	29-32	ต่ำ	แข็ง
กข13	6.9	30-33	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
ปทุมธานี60*	7.5	27-32	ต่ำ	แข็ง
ชัยนาท1	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
สุพรรณบุรี90	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
สุพรรณบุรี1	7.3	29	ปานกลาง	อ่อน

แหล่งข้อมูล กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2545)

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกจากการทดลองเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีระหว่างสถานี และในนาราชบุรีที่รับผิดชอบโดยศูนย์วิจัยข้าวปราชญ์บุรี
2. เครื่องชั่งอย่างละเอียด
3. เครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการชนิดต่าง ๆ
4. เตาแก๊ส
5. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
6. เครื่องบดเมล็ดข้าว (Cyclone sample mill)
7. สารเคมี เอทิลแอลกอฮอล์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ อะซิติก แอซิก ไอโอดีน โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ไหมอลบลู น้ำเกลือ อมิโลสบริสุทธิ์

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ข้าวที่ใช้ในการศึกษานี้มาจากการทดลองเปรียบเทียบผลผลิตข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึก ภายในสถานี ระหว่างสถานี และนาราชบุรี ที่ศูนย์วิจัยข้าวปราชญ์บุรีรับผิดชอบระหว่างปี 2544-2546 จำนวนทั้งหมด 1,852 ตัวอย่าง นำข้าวเปลือกมากะเทาะและขัดเป็นข้าวสาร แบ่งข้าวสารส่วนหนึ่งไปบดด้วยเครื่อง Cyclone sample mill ให้มีความละเอียดมากกว่า 80 เมช ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีต่อไปนี้คือ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณอมิโลส (Apparent amylose) ตามวิธีการของ Juliano *et al.*, (1981) พอสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ชั่งแบ่ง 0.1000 กรัม ใส่ลงในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 1 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 นอร์มัล จำนวน 9 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเคือดนาน 10 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้สารละลายผสมกันทั่ว

ขั้นที่ 2 นำขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร ไปใหม่มาเติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาณครึ่งขวด จากนั้นนำน้ำแบ่งจากขั้นที่ 1 มา 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นไป แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร 100 มิลลิลิตรของขวด ปิดฝาเขย่าให้สารละลายผสมกันทั่ว ตั้งไว้ 20 นาที ต่อจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าความเข้มข้นของสีด้วยเครื่องสเปก

โทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวแสง 620 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานของ
 อมิโลสบริสุทธิที่มีปริมาณร้อยละ 8, 16, 24, 30 และ 40 ตามลำดับ

จากปริมาณอมิโลสสามารถจัดแบ่งข้าวเจ้าออกเป็น 3 กลุ่มตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มอมิโลส

%อมิโลส	ประเภทข้าว	ลักษณะของข้าวสุก
10-19	ข้าวอมิโลสต่ำ	เหนียวนุ่ม
20-25	ข้าวอมิโลสปานกลาง	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
26-34	ข้าวอมิโลสสูง	ร่วนแข็ง

2. การหาความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) ตามวิธีของ Cagampang *et al.*, (1973) พอสรุป ได้ ดังนี้

ซึ่งแป้ง 0.1000 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำต้มกลั่น 0.2 มิลลิลิตร โปแตสเซียมไฮ
 ดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 นอร์มัล จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้แป้งกับสารละลายเข้ากัน นำไปต้ม
 ในน้ำเคือดนาน 8 นาที นำมาเขย่าโดยเครื่องเขย่า แล้วนำไปแช่ในน้ำเย็นจัด 20 นาที จากนั้นนำ
 หลอดแก้วไปวางราบบนกระดาษกราฟ 30 นาที จึงอ่านระยะทางที่แป้งไหล นำระยะทางที่ได้ไป
 ประเมินค่าความคงตัวของแป้งสุก ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความคงตัวของแป้งสุก

ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)	ความคงตัวของแป้งสุก	ลักษณะข้าวสุก
25-40	แข็ง	ร่วนมาก
41-60	ปานกลาง	ค่อนข้างร่วน
61-100	อ่อน	นุ่ม

3. การหาค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง (Alkali value) ตามวิธีของ Little *et al.*, (1958) ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

เลือกเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ดมาชำระ 10 เมล็ด จำนวน 2 ซ้ำ นำไปเรียงในจานแก้วทดลอง ที่วางบนพื้นราบสีดำ เติมน้ำโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.7 นอร์มัล จำนวน 5 มิลลิลิตร ให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และแต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควรแล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้อยู่กับที่ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง ตรวจเมล็ดข้าวโดยพิจารณาการสลายของเมล็ดข้าวในด่างแต่ละเมล็ดตามลักษณะการสลายตัว ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับการสลายของเมล็ดข้าวในด่าง

ค่าการสลาย	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในด่าง
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลงเลย
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาว และมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
6	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกข้นขาว
7	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด และมีลักษณะเป็นแป้งเปียกใส

จากค่าเฉลี่ยการสลายเมล็ดข้าวในค้างสามารถนำมาวินิจฉัยอุณหภูมิแป้งสุกและระยะเวลาหุงต้มตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวินิจฉัยอุณหภูมิแป้งสุก

ค่าการสลาย	ระดับอุณหภูมิแป้งสุก	อุณหภูมิ (°ซ)	ระยะเวลาหุงต้ม (นาที)
1-3	สูง	สูงกว่า 75	มากกว่า 24
4-5	ปานกลาง	70-74	16-24
6-7	ต่ำ	ต่ำกว่า 65	12-16

4. การหาความหอมของข้าวสาร (Aroma) โดยใช้วิธีสกัดกลิ่นด้วยน้ำเกลือ 10 %

ชั่งข้าวสาร 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 2 มิลลิลิตร ปิดจุกนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที ตั้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาดมโดยใช้ผู้ดม 3 คน เทียบกับข้าวเปรียบเทียบมาตรฐาน คือ ข้าวดอกมะลิ 105 = หอมมาก (2) ข้าวธรรมดา = ไม่หอม (0) และส่วนผสมระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวธรรมดาอัตรา 1:1 = หอม (1)

5. การยืดตัวของข้าวสุก (Elongation ratio) ตามวิธีของ Juliano and Perez, (1984) ดังนี้

เลือกเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ด 20 เมล็ด สุ่มวัดความยาว และความกว้างของข้าวสาร 10 เมล็ด หาค่าเฉลี่ย นำข้าวสารทั้ง 20 เมล็ดใส่ตะแกรงทดสอบนำไปแช่น้ำนาน 30 นาที จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที ยกตะแกรงขึ้นจากน้ำและวางให้สะเด็ดน้ำ เทข้าวใส่จานทดลองที่มีฝาปิด วัดความยาว ความกว้างของข้าวสุก 10 เมล็ด คำนวณหาอัตราการยืดตัวของข้าวสุก ดังนี้

$$\text{อัตราการยืดตัวของข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร}}$$

ตารางที่ 6 อัตราการยืดตัวของข้าวสุก

อัตราการยืดตัว	การวินิจฉัย
น้อยกว่า 1.9	ยืดตัวปกติ
มากกว่า 1.9	ยืดตัวมาก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การผลิต 2544/2545 ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าวขึ้นน้ำ 334 ตัวอย่าง และข้าวน้ำลึก 319 ตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่า

1.1 ปริมาณมิโลส

ข้าวขึ้นน้ำที่มีระดับมิโลสดำ 17 ตัวอย่าง ปานกลาง 155 ตัวอย่าง และสูง 162 ตัวอย่าง ข้าว น้ำลึกมีระดับมิโลสดำเพียง 4 ตัวอย่าง ปานกลาง 156 ตัวอย่าง และสูง 159 ตัวอย่าง ดังนั้นลักษณะของข้าวสุกทั้งข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกที่ทำการศึกษามีส่วนมากค่อนข้างแข็งจนถึงแข็ง (ตารางที่ 7)

1.2 ความคงตัวของแป้งสุก

ข้าวขึ้นน้ำมีความคงตัวของแป้งสุกที่ระดับแข็ง 143 ตัวอย่าง ปานกลาง 180 ตัวอย่าง และอ่อน 11 ตัวอย่าง ข้าวน้ำลึกมีความคงตัวของแป้งสุกที่ระดับแข็ง 111 ตัวอย่าง ปานกลาง 206 ตัวอย่าง และอ่อน 2 ตัวอย่าง ลักษณะโดยรวมของข้าวสุกของข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกที่ศึกษาค่อนข้างรุนแรงถึงรุนแรงมาก (ตารางที่ 7)

1.3 การสลายเมล็ดข้าวในค่าง อุณหภูมิแป้งสุก

ข้าวขึ้นน้ำมีค่าการสลายเมล็ดในค่างที่ระดับ 1-3 จำนวน 130 ตัวอย่าง ระดับ 4-5 จำนวน 168 ตัวอย่าง และระดับ 6-7 จำนวน 36 ตัวอย่าง ข้าวน้ำลึก มีค่าการสลายเมล็ดในค่าง ระดับ 1-3 จำนวน 102 ตัวอย่าง ระดับ 4-5 จำนวน 183 ตัวอย่าง และระดับ 6-7 จำนวน 34 ตัวอย่าง ในการหุงต้มข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกส่วนใหญ่ต้องใช้อุณหภูมิปานกลาง ($70-74^{\circ}\text{C}$) ถึงสูง (มากกว่า 74°C) (ตารางที่ 7)

1.4 ความหอมของข้าวสาร

จากการศึกษาพบว่าทั้งข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกไม่มีความหอมเลย

1.5 การยืดตัวของข้าวสุก

พบว่าอัตราการยืดตัวของข้าวสุกมีตั้งแต่ 1 กวาจนเกือบถึง 2 เท่า ไม่เกิน 1.9 ซึ่งกล่าวได้ว่ามีทั้งข้าวที่ไม่ขึ้นหม้อจนถึงข้าวขึ้นหม้อ โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง 1.5 เท่า

2. ผลการผลิิต 2545/46 ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมีของข้าวขึ้นน้ำ 290 ตัวอย่าง และข้าว น้ำลึก 283 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า

2.1 ปริมาณมิโลส

ข้าวขึ้นน้ำที่มีระดับมิโลสต่ำ 4 ตัวอย่าง ปานกลาง 88 ตัวอย่าง และสูง 198 ตัวอย่าง ใน ข้าว น้ำลึกมีระดับมิโลสต่ำ 4 ตัวอย่าง ปานกลาง 62 ตัวอย่าง และสูง 217 ตัวอย่าง ข้าวขึ้นน้ำและ น้ำลึกส่วนใหญ่ยังมีปริมาณมิโลสสูง ลักษณะข้าวสุกแข็ง (ตารางที่ 7)

2.2 ความคงตัวของแป้งสุก

ข้าวขึ้นน้ำมีความคงตัวของแป้งสุกที่ระดับแข็ง 22 ตัวอย่าง ปานกลาง 265 ตัวอย่าง และอ่อน 3 ตัวอย่าง ข้าว น้ำลึกมีความคงตัวของแป้งสุกที่ระดับแข็ง 40 ตัวอย่าง ปานกลาง 242 ตัวอย่าง และ อ่อน 1 ตัวอย่าง ในปีนี้ข้าวส่วนมากมีระดับความคงตัวของแป้งสุกที่ปานกลางดังนั้นลักษณะของข้าว สุกค่อนข้างร่วน (ตารางที่ 7)

2.3 การสลายเมล็ดข้าวในด่าง อุณหภูมิแป้งสุก

ข้าวขึ้นน้ำมีค่าการสลายเมล็ดในด่างที่ระดับ 1-3 จำนวน 88 ตัวอย่าง ระดับ 4-5 จำนวน 172 ตัวอย่าง และระดับ 6-7 จำนวน 30 ตัวอย่าง ส่วนข้าว น้ำลึกมีค่าการสลายเมล็ดในด่างที่ระดับ 1-3 จำนวน 111 ตัวอย่าง ระดับ 4-5 จำนวน 161 ตัวอย่าง และระดับ 6-7 จำนวน 11 ตัวอย่าง (ตารางที่ 7) การหุงต้มข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกเหล่านี้ต้องใช้อุณหภูมิปานกลาง ($70-74^{\circ}\text{C}$) ถึงสูง (มากกว่า 74°C)

2.4 ความหอมของข้าวสาร

การศึกษาข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกในครั้งนี้ไม่พบว่ามีตัวอย่างใดที่จัดว่าหอมเลย

2.5 การยืดตัวของข้าวสุก

อัตราการยืดตัวของข้าวสุกของข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกมีตั้งแต่ 1 กวา จนเกือบถึง 2 เท่า แต่ไม่ มากกว่า 1.9 เท่า การยืดตัวอยู่ในระดับปกติ ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 1.5 เท่า ดังนั้นถ้านำข้าวเหล่านี้ไป หุงขึ้นหม้อปานกลาง

3. ผลการผลัด 2546/47 ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมีของข้าวขึ้นน้ำ 342 ตัวอย่าง และข้าว น้ำลึก 284 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า

3.1 ปริมาณอมิโลส

ข้าวขึ้นน้ำที่มีระดับอมิโลสต่ำ 6 ตัวอย่าง ปานกลาง 76 ตัวอย่าง และสูง 260 ตัวอย่าง ในข้าว น้ำลึกไม่พบข้าวที่มีระดับอมิโลสต่ำเลย ปานกลาง 60 ตัวอย่าง และสูง 224 ตัวอย่าง ข้าวส่วนใหญ่มี ปริมาณอมิโลสสูง ข้าวสุกมีลักษณะแข็ง (ตารางที่ 7)

3.2 ความคงตัวของแป้งสุก

ข้าวขึ้นน้ำมีความคงตัวของแป้งสุกที่ระดับแข็ง 5 ตัวอย่าง ปานกลาง 288 และอ่อน 49 ตัวอย่าง ข้าว น้ำลึกมีความคงตัวของแป้งสุกที่ระดับแข็ง 58 ตัวอย่าง ปานกลาง 226 ตัวอย่าง และไม่พบ ในระดับอ่อนเลย (ตารางที่ 5) ข้าวสุกของข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกที่ศึกษาส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างร่วน

3.3 การสลายเมล็ดข้าวในด่าง อุณหภูมิแป้งสุก

ข้าวขึ้นน้ำมีค่าการสลายเมล็ดในด่างที่ระดับ 1-3 จำนวน 74 ตัวอย่าง ระดับ 4-5 จำนวน 206 ตัวอย่าง และระดับ 6-7 จำนวน 62 ตัวอย่าง ส่วนข้าว น้ำลึกมีค่าการสลายเมล็ดในด่างที่ระดับ 1-3 จำนวน 60 ตัวอย่าง ระดับ 4-5 จำนวน 199 ตัวอย่าง และระดับ 6-7 จำนวน 25 ตัวอย่าง (ตารางที่ 7) การหุงต้มข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกส่วนใหญ่ยังต้องใช้อุณหภูมิที่ระดับปานกลาง ($70-74^{\circ}\text{C}$) ถึงสูง (มากกว่า 74°C)

3.4 ความหอมของข้าวสาร

การศึกษาข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกในครั้งนี้ไม่พบว่ามีตัวอย่างใดหอม

3.5 การยืดตัวของข้าวสุก

อัตราการยืดตัวของข้าวสุกของข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกอยู่ระหว่าง 1 กว่า จนถึงเกือบ 2 เท่า แต่ ไม่มากกว่า 1.9 เท่า ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1.5 เท่า จัดว่าการยืดตัวอยู่ในระดับปกติ เมื่อนำข้าวไป หุงจะพบว่าขึ้นหม้อปานกลาง

ตารางที่ 7 จำนวนตัวอย่างเปอร์เซนต์อมิโอส การคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายเมล็ดข้าวในต่าง
และของข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึก ฤดูปลูก 2544/45 2545/46 และ 2546/47

	%อมิโอส/ระดับ			ความคงตัวของแป้งสุก			ค่าการสลายในต่าง/ ระดับอุณหภูมิแป้งสุก		
	10-19/ ต่ำ	20-25/ ปานกลาง	>26 สูง	แข็ง	ปาน กลาง	อ่อน	1-3/ สูง	4-5/ ปาน กลาง	6-7/ต่ำ
ปี 2544/45									
ข้าวขึ้นน้ำ	17	155	162	143	180	11	130	168	36
ข้าวน้ำลึก	4	156	159	111	206	2	102	183	34
ปี 2545/46									
ข้าวขึ้นน้ำ	4	88	198	22	265	3	88	172	30
ข้าวน้ำลึก	4	62	217	40	242	1	111	161	11
ปี 2546/47									
ข้าวขึ้นน้ำ	6	76	260	5	288	49	74	206	62
ข้าวน้ำลึก	0	60	224	58	226	0	60	199	25
รวมทั้ง 3 ปี	35	597	1,220	379	1,407	66	565	1,089	198
คิดเป็นร้อยละ	2	32	66	20	76	4	30	59	11

ผลการทดลองทั้ง 3 ปี

ปริมาณอมิโอส ข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกทั้งหมด 1,852 ตัวอย่าง มีระดับอมิโอสต่ำ 35 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 2 ปานกลาง 597 ตัวอย่างร้อยละ 32 และสูง 1,220 ตัวอย่างร้อยละ 66

ความคงตัวของแป้งสุก ข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกมีระดับความคงตัวของแป้งสุกแข็ง 379 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 20 ปานกลาง 1,407 ตัวอย่างหรือร้อยละ 76 และอ่อน 66 ตัวอย่างหรือร้อยละ 4

การสลายเมล็ดข้าวในต่าง อุณหภูมิแป้งสุก จากตัวอย่างข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกทั้งหมด 1,852 ตัวอย่างมีค่าการสลายเมล็ดในต่าง 1-3 และอุณหภูมิแป้งสุกสูง 565 ตัวอย่างหรือร้อยละ 30 ระดับ

4-5 และอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง 1,089 ตัวอย่างหรือร้อยละ 59 และระดับ 6-7 และอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ 198 ตัวอย่างหรือร้อยละ 11

ความหอมของข้าวสาร ข้าวขึ้นน้ำและน้ำลิกทั้ง 1,852 ตัวอย่างไม่มีความหอม

การยี้ดตัวของข้าวสุก ตัวอย่างทั้งหมดมีอัตราการยี้ดตัวของข้าวสุกอยู่ในระดับปกติคือไม่เกิน 1.9

ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางเคมีของข้าวขึ้นน้ำและน้ำลิกพันธุ์ดี

พันธุ์	% อมิโลส	ระยะทางที่แบ่งไหล (มม.)/ความคงตัวของแป้งสุก	ค่าการสลายเมล็ดใน ด่าง/ระดับอุณหภูมิ แป้งสุก	อัตราการยี้ด ตัวของข้าว สุก
เล็บมือนาง 111	26.86 ± 1.84	46.25 ± 5.31 /ปานกลาง	4.59 ± 0.63 /ปานกลาง	1.59 ± 0.069
พลาขงามปราจีนบุรี	27.89 ± 1.66	49.0 ± 4.75 /ปานกลาง	4.30 ± 0.63 /ปานกลาง	1.64 ± 0.117
ปิ่นแก้ว 56	27.59 ± 1.70	50.83 ± 3.76 /ปานกลาง	4.63 ± 0.91 /ปานกลาง	1.59 ± 0.073
กข 19	26.88 ± 0.21	47.50 ± 3.53 /ปานกลาง	4.0 ± 0 /ปานกลาง	1.70 ± 0.12
หันตรา 60	22.41 ± 1.30	44.06 ± 9.31 /ปานกลาง	3.54 ± 0.79 /ปานกลาง	1.57 ± 0.11
ปราจีนบุรี 1	27.73 ± 2.28	47.0 ± 9.39 /ปานกลาง	6.11 ± 0.50 /ต่ำ	1.66 ± 0.14
ปราจีนบุรี 2	28.66 ± 0.78	49.33 ± 4.04 /ปานกลาง	4.0 ± 0 /ปานกลาง	1.70 ± 0.12

ในการวิเคราะห์ข้าวขึ้นน้ำและน้ำลิก 1,852 ตัวอย่าง เป็นข้าวขึ้นน้ำและน้ำลิกพันธุ์ดีที่แนะนำให้เกษตรกรปลูกจำนวน 7 พันธุ์ ซึ่งทำการวิเคราะห์ซ้ำหลายครั้ง (ตารางที่ 8) พบว่า 6 พันธุ์เป็นข้าวอมิโลสสูงมีเพียงพันธุ์หันตรา 60 เป็นข้าวอมิโลสปานกลาง ความคงตัวของแป้งสุกระดับปานกลางทุก

พันธุ์ การสลายเมล็ดในต่างประเทศ/อุณหภูมิแป้งสุกระดับปานกลาง 6 พันธุ์ ในขณะที่พันธุ์ปราจีนบุรี 1 อยู่ในระดับต่ำ อัตราการยืดตัวของข้าวสุกแบบปกติ (น้อยกว่า 1.9 เท่า)

วิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดข้าวที่เห็นคือผลที่เรียกว่า caryopsis ซึ่งจะมีเยื่อหุ้มผลและเยื่อหุ้มเมล็ดเชื่อมติดกัน เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้ (สถาบันวิจัยข้าว, 2545 ; งามชื่น 2546)

1. เปลือกนอกหรือส่วนที่เป็นกลีบ
2. เยื่อหุ้มผล (pericarp) คือผิวนอกของข้าวกล้อง
3. เยื่อหุ้มเมล็ด เป็นเยื่อชั้นเดียวที่อุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส
4. ชั้นอูโรน ประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น จำนวนชั้นจะแตกต่างกันไป ในส่วนชั้นนี้ที่อุดมไปด้วยโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และวิตามิน B1, B2 และไนอาซิน
5. คัพพะ หรือส่วนที่เจริญไปเป็นต้นอ่อน มีขนาดเล็กมากและอยู่ปลายเมล็ดด้านท้อง
6. เอนโดสเปิร์ม คือส่วนที่เป็นข้าวสารซึ่งมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักถึง 84-93 % โดยน้ำหนักแห้ง และมีโปรตีน 5-14 % แป้งที่อยู่ในเอนโดสเปิร์มประกอบด้วยแป้ง 2 ชนิด คือ

- อมิโลเปคติน คือแป้งที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่แตกกิ่งก้านมีขนาดใหญ่ โดยจะมีอยู่ในปริมาณมาก เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง เมื่อทำให้สุกจะได้ข้าวสุกเหนียวติดกัน ดังปรากฏชัดเจนในข้าวเหนียว ซึ่งมีอมิโลเปคตินเป็นส่วนประกอบมากกว่า 95 % ยีนส์ที่ควบคุมปริมาณอมิโลเปคตินเรียกว่า waxy gene และเป็นยีนด้อย (Juliano, 1985)

- อมิโลส เป็นแป้งที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบเส้นตรง ในข้าวเจ้ามีอมิโลสประมาณ 10-34 % และมีอยู่ในข้าวเหนียวน้อยกว่า 5 % เมื่อย้อมด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำเงิน มีคุณสมบัติทำให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้าง ปริมาณอมิโลสเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว (Houston, 1972)

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานสามารถคาดคะเนโดยคุณสมบัติทางเคมี ปัจจัยทางเคมีที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่างๆ มีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

ปริมาณอมิโลส ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าอมิโลสเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Houston, 1972 ; งามชื่น 2546) ฉะนั้นในการประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทานจึงต้องวิเคราะห์หาปริมาณอมิโลสในข้าวสาร ปริมาณอมิโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความ

เหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอิมัลชันที่สูงแล้ว ข้าวที่มีอิมัลชันสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้ม ดังนั้นการหุงต้มข้าวอิมัลชันสูงต้องใส่น้ำมาก เพื่อข้าวสุกจะได้ร่วนฟูไม่เหนียวติดกัน จึงทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมากหรือข้าวขึ้นหม้อดี การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มโดยใช้ปริมาณอิมัลชันเป็นหลัก (งามชื่น, 2546) ดังสมการ

$$W = 1.01 + 0.048 A$$

เมื่อ W = ปริมาณน้ำหุงต้มที่เหมาะสมคิดเป็นเท่าของน้ำหนักข้าว

A = % อิมัลชันของข้าวสาร

หรืออาจจะใช้หลักเกณฑ์ง่ายๆ ดังนี้ ปริมาณน้ำที่ใช้หุงโดยน้ำหนัก

ข้าวนุ่ม ข้าว : น้ำ = 1 : 1.7

ข้าวแข็ง ข้าว : น้ำ = 1 : 2

ความคงตัวของแป้งสุก เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากันทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน ข้าวที่มีปริมาณอิมัลชันเท่ากันแต่มีความคงตัวของแป้งสุกต่างกันคุณภาพการหุงต้มและรับประทานก็แตกต่างกัน ข้าวที่มีค่าคงตัวอ่อนเมื่อสุกจะนุ่มกว่าข้าวที่มีค่าคงตัวแข็ง

ระยะเวลาในการหุงต้ม ระยะเวลาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกประเมินได้จากการหาค่าการสลายเมล็ดข้าวในต่างประเทศซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ข้าวที่มีระดับการสลายตัวสูงจะใช้เวลาหุงต้มต่ำกว่าข้าวที่มีการสลายตัวต่ำ (ตารางที่ 5) ระยะเวลาในการหุงต้มยังขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดและโปรตีนที่อยู่ผิวข้าว

นอกจากปัจจัยทั้ง 3 ข้างต้นแล้วที่มีผลต่อการหุงต้มและรับประทานยังมีลักษณะพิเศษของข้าว คือ (1) การยึดตัวของข้าว จะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้น ข้าวที่ร่วนการยึดตัวช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อ และยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นเพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น (2) กลิ่นหอม ซึ่งช่วยให้อยากรับประทาน และ (3) ปริมาณโปรตีน

การศึกษาพบว่าข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกมีปริมาณอิมัลชัน ความคงตัวของแป้งสุก อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ดังนั้นลักษณะข้าวสุกจะค่อนข้างร่วนถึงร่วนมาก มีความแข็งปานกลางจนถึงแข็งมาก อิมัลชันเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลง ในขณะที่ความคงตัวของแป้งสุกทำให้ข้าวแข็งหรืออ่อน ข้าวที่มีปริมาณอิมัลชันเท่ากันแต่มีความคงตัวของแป้งสุกต่างกันจะมีลักษณะข้าวสุกที่แตกต่างกันด้วย เช่นข้าวที่มีอิมัลชันสูงและมีค่าคงตัวของแป้งสุกอ่อนจะได้ข้าวสุกที่นุ่มเท่าข้าวที่มีอิมัลชันสูงเท่ากันแต่มีค่าคงตัวของแป้งสุกแข็ง ผลการศึกษาในปี 2545/46 และ

2546/47 ความคงตัวของแป้งสุกของข้าวอยู่ในระดับปานกลางมากกว่าปี 2544/45 แสดงว่าคุณภาพของเมล็ดมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น

การหุงต้มข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกที่ศึกษาต้องใช้น้ำมากเพราะมีปริมาณอมิโลสค่อนข้างสูง ระยะเวลาและอุณหภูมิในการหุงต้มสูงเพราะค่าการสลายเมล็ดในต่างประเทศปานกลางถึงสูง แต่พบว่าข้าวเหล่านี้ไม่ขึ้นหม้อเนื่องจากอัตราการยืดตัวของข้าวสุกส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง 1.5 เท่า การขยายตัวของข้าวจะช่วยให้ข้าวนุ่มขึ้นได้ องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขึ้นน้ำและน้ำลึกซึ่งได้แก่ ปริมาณอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายเมล็ดในต่างประเทศไม่มีความสัมพันธ์กัน Houston (1972) รายงานว่าสิ่งแวดล้อมมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด และแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมด้วย พิจารณาจากผลการวิเคราะห์ที่มาจากแหล่งต่าง ๆ

ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูง เหมาะต่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นและแผ่น ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ และขนมจีน (จารุวรรณ, 2545 ; งามชื่น, 2546) และข้าวเหนียว (Houston, 1972 ; งามชื่น 2546) ตัวอย่างข้าวที่ศึกษา (ตารางที่ 7) ส่วนใหญ่เป็นข้าวที่มีอมิโลสสูง ดังนั้นจึงน่าจะเหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้น ปัจจุบันพบว่าการขาดแคลนวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากเกษตรกรหันมาปลูกข้าวนาปรังมากขึ้น

ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกนอกจากเพื่อการบริโภคแล้ว ควรจะคำนึงถึงการอุตสาหกรรมแปรรูปด้วย

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกทั้งหมด 1,852 ตัวอย่าง ในปี 2544-2546 พอสรุปได้ดังนี้

ข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกมีปริมาณอมิโลสอยู่ในระดับสูง ความคงตัวของแป้งสุกระดับปานกลาง ค่าการสลายตัวของเมล็ดในต่างประเทศอยู่ในระดับปานกลาง ไม่พบข้าวหอม และอัตราการยืดตัวของข้าวสุกอยู่ในระดับปกติ ดังนั้นคุณภาพในการหุงต้มและรับประทานของข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวร่วนแข็งและค่อนข้างแข็ง ต้องใช้น้ำและเวลาหุงต้มนาน ซึ่งอาจไม่เป็นที่นิยมในการบริโภคโดยตรงแต่เหมาะสมกับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้น และข้าวเหนียว ซึ่งผลจากการศึกษาจะได้นำสายพันธุ์ข้าวที่จัดกลุ่มได้ไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับความต้องการของตลาดและผู้บริโภคต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการสหกรณ์. 2541. เทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี
โครงการผลิตและจำหน่ายข้าวหอมมะลิของสหกรณ์ กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริม
สหกรณ์ 175 หน้า
- กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปน
ในข้าวหอมมะลิไทย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และสำนักงาน
เศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 115 หน้า
- งามชื่น คงเสรี. 2546. ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 168
หน้า
- จารุวรรณ บางแว. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพขนมจีน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการศูนย์
วิจัยข้าวปทุมธานี 28 กุมภาพันธ์ – 1 มีนาคม 2545 ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ.ธัญบุรี
จ.ปทุมธานี
- สถาบันวิจัยข้าว. 2545. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร หลักและวิธีการตรวจสอบการปนของข้าว
แข็งในข้าวหอมมะลิ ระหว่าง 9-10 มกราคม 2545 ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ.ธัญบุรี
จ.ปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 58 หน้า
- Cagampang, B.G., C.M. Perez and B.O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality rice.
J. Sci. Food Agr. 24: 1589-1594.
- Houston, D.F. 1972. Rice Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists,
Inc. USA 517 pp.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for mill rice amylose. Cereal Sci. Today 16: 334-338, 340,
360.
- Juliano, B.O. 1985. Rice Chemistry and Technology 2nd Ed. American Association of Cereal
Chemists, Inc. USA 774 pp.
- Juliano, B.O. C.M. Perez, A.B. Blakendy, T.D. Castillo, N. Kongseree, B. Laignelet, E.T. Lapis,
V.V.S. Murty, C.M. Paule and B.D. Webb. 1981 International cooperative testing on the
amylose content of milled rice. Stærke 33: 157-162
- Juliano, B.O. and C.M. Perez. 1984. Results of a collaborative test on the measurement of grain
elongation of milled rice during cooking. J. Cereal Sci. 2: 281-292.

Little, R.R., G.B. Hilder and E.H. Dawson. 1985. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal chem.* 35: 111-126



ภาคผนวก

1. วิเคราะห์ปริมาณอมิโลสอย่างรวดเร็ว

1. เครื่องมือ

- 1.1 สเปกโตรโฟมิเตอร์ (spectrophotometer)
- 1.2 เครื่องชั่ง ที่ชั่งละเอียดได้ถึง 0.0001 กรัม
- 1.3 เครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
- 1.4 เครื่องบดเมล็ดข้าวที่บดให้ละเอียดได้ถึง 80-100 เมช (mesh)
- 1.5 ขวดแก้วปริมาตร (volumetric flask) ขนาดบรรจุ 100 มิลลิลิตร
- 1.6 ปิเปต แบบ volumetric pipette ขนาดความจุ 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร
- 1.7 ปิเปต แบบ measuring pipette ขนาดความจุ 1-10 มิลลิลิตร

2. สารเคมี

- 2.1 เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) 95 %
- 2.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 2 นอร์มัล (N)
- 2.3 กรดกลีเซอริก (glacial acetic acid) เข้มข้น 1 นอร์มัล (N)
- 2.4 สารละลายไอโอดีน [ไอโอดีน (I_2) 0.2 กรัม และโพแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2.0 กรัมในสารละลาย 100 มิลลิลิตร]
- 2.5 อมิโลส (sigma potato amylose type II)

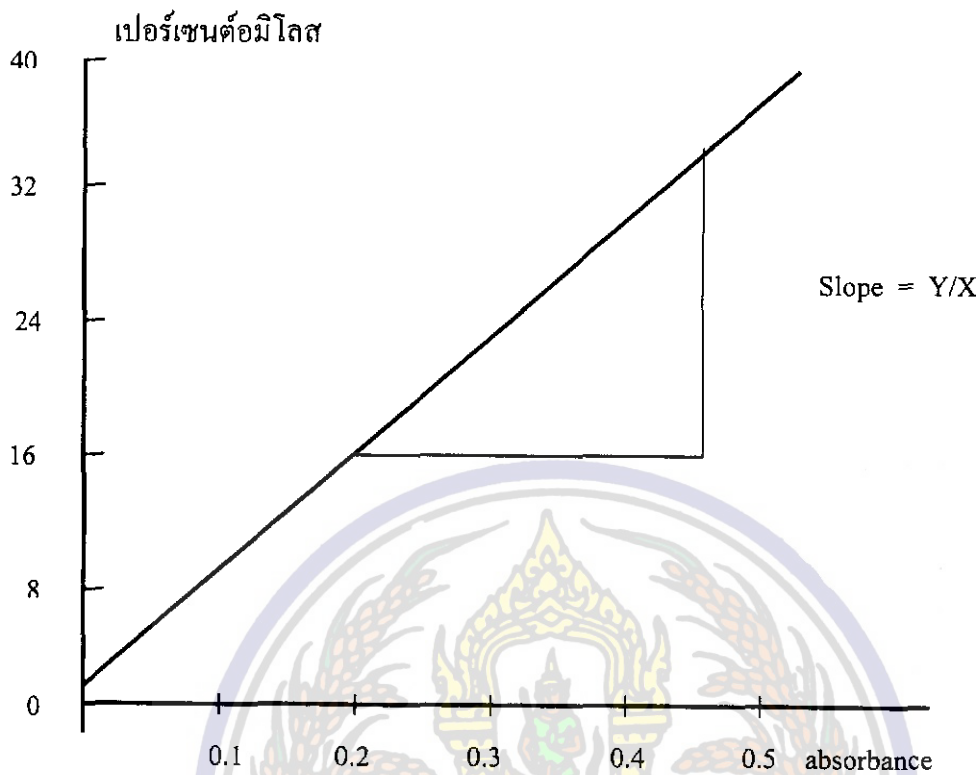
3. วิธีวิเคราะห์

- 3.1 บดเมล็ดข้าวด้วยเครื่องบดตาม 1.4 ให้เป็นแป้ง ชั่งแป้งมา 0.1000 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาดจุ 100 มิลลิลิตร ที่แห้งสนิท
- 3.2 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ
- 3.3 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร
- 3.4 ปั่นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกระบวนแม่เหล็ก นาน 10 นาที ให้เป็นน้ำแป้งแล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
- 3.5 เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชุดใหม่ เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร กรดกลีเซอริก 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร

- 3.6 ควบน้ำแข็ง ตาม 3.4 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ตาม 3.5 เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
- 3.7 วัดความเข้มของสีของสารละลายตาม 3.6 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยอ่านค่าเป็น absorbance ที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนมิเตอร์ (nm : nanometer) หลังปรับเครื่องด้วย blank ให้ได้ absorbance เท่ากับ 0 (ศูนย์)
- 3.8 ในขณะทำ blank โดยเติมกรดเกลเชิลอะซิติก ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- 3.9 นำ absorbance ไปหาปริมาณอะมิโนส โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้ตาม 4

4. การเขียนเส้นกราฟมาตรฐาน

- 4.1 ชั่งอะมิโนส 0.0400 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรตาม 1.5 ที่แห้งสนิทแล้วดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างตาม 3.2-3.4 เป็นสารละลายมาตรฐาน
- 4.2 เตรียมขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ขวด เติมน้ำกลั่นขวดละ 70 มิลลิลิตร เติมกรดเกลเชิลอะซิติก ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ในขวดที่ 1 ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ในขวดที่ 2 ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร ในขวดที่ 3 ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร ในขวดที่ 4 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร ในขวดที่ 5 ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด
- 4.3 ควบสารละลายมาตรฐานตาม 4.1 ปริมาตร 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร ซึ่งเทียบเท่าปริมาณอะมิโนส 8 % 16 % 24 % 32 % และ 40 % ตามลำดับ ใส่ในขวดที่เตรียมไว้ในข้อ 4.2 เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร และวัด absorbance ที่ 620 นาโนมิเตอร์ โดยปรับเครื่องด้วย blank ให้ได้ค่า absorbance เท่ากับ 0 (ศูนย์) เช่นเดียวกับ 3.7
- 4.4 นำ absorbance กับปริมาณอะมิโนสในสารละลายมาตรฐานตาม 4.3 มาเขียนเป็นเส้นกราฟมาตรฐาน
- 4.5 นำเส้นกราฟมาตรฐานที่ได้จาก 4.4 มาใช้แปลง absorbance ให้เป็นเปอร์เซ็นต์อะมิโนส



รูปที่ 1 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณมิโลสกับค่า absorbance

หรือคำนวณเป็นสมการเส้นตรง จากสูตร

$$Y = aX + b$$

เมื่อ Y = เปอร์เซ็นต์มิโลส

X = ค่า absorbance

โดยคำนวณหาค่า

$$a = \frac{\sum XY - (\sum X \sum Y) / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}$$

จากสมการ $Y = aX + b$

นำค่าเฉลี่ยของ Y และ X และค่า a ที่คำนวณได้ มาแทนค่าในสมการ จากนั้นคำนวณหาค่า b ก็จะได้สมการสำหรับการใช้ในการคำนวณหาค่ามิโลสของตัวอย่างข้าวต่อไป

2. ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency)

1. เครื่องมือ

- 1.1 เครื่องปั่นผสมของเหลวในหลอดทดลอง (test tube mixer)
- 1.2 หม้อต้มน้ำ
- 1.3 เครื่องชั่ง Analytical balance
- 1.4 หลอดแก้วขนาด 13 x 100 มิลลิเมตร (pyrex No. 9820)
- 1.5 เครื่องบดเมล็ดข้าว cyclone sample mill ที่ติดตั้งแaggerงที่มีรูเปิด 0.4 มิลลิเมตร หรือเครื่องบดที่บดข้าวได้ละเอียด 100 เมช

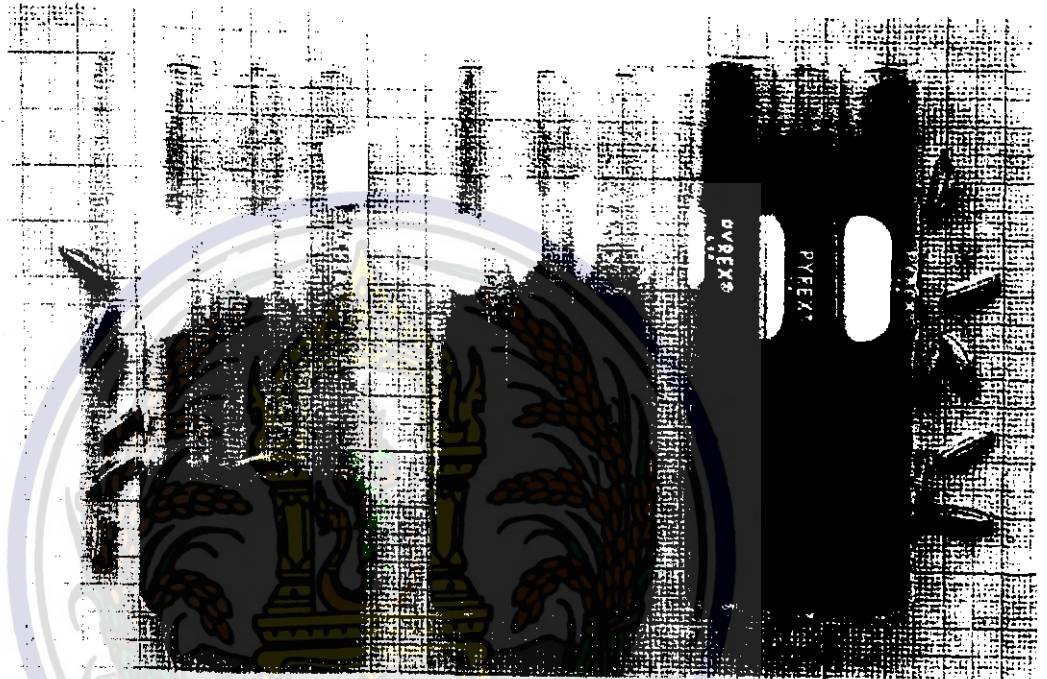
2. สารเคมี

- 2.1 95% ethanol (โดยปริมาตร) ที่มี thymol blue 0.025%
- 2.2 0.20 N KOH ละลาย 12.88 กรัม KOH (ความบริสุทธิ์ 87%) ใน 1,000 มิลลิลิตร

3. วิธีวิเคราะห์

- 3.1 บดเมล็ดข้าวสารด้วย cyclone sample mill ที่มีตะแกรงขนาด 0.4 มิลลิเมตร
- 3.2 ชั่งแป้งที่บดได้ 100 ± 1 มิลลิกรัม (ที่ความชื้น 12%) ใส่ในหลอดแก้วขนาด 13 x 100 มิลลิเมตร จำนวน 2 ข้ว
- 3.3 เติม 95% Ethanol ที่ละลาย thymol blue 0.025% ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร
- 3.4 เติม 0.2N KOH ปริมาณ 2.00 มิลลิลิตร
- 3.5 ปั่นของเหลวในหลอดนาน 2-3 วินาทีด้วย test tube mixer เพื่อให้แป้งลอยตัว
- 3.6 ต้มหลอดแก้วในน้ำเดือดผ่านทันที ปิดฝาหลอดด้วยลูกแก้ว ต้มนาน 8 นาที (ต้มที่ละหลอดตามลำดับ) ระวังระดับน้ำมิให้สูงเกินไป ให้น้ำในหลอดขึ้นสูงเพียง 2/3 ของหลอด
- 3.7 เมื่อครบ 8 นาทีนำขึ้นจากน้ำเดือด
- 3.8 ปั่นบน test tube mixer เพื่อให้ น้ำแป้งเข้ากันทั่วถึง
- 3.9 ทำให้แป้งเย็นโดยแช่หลอดทดลองในน้ำแข็งเย็นจัดนาน 20 นาที
- 3.10 วางหลอดแป้งในแนวอนบนกระดาษกราฟที่มีช่องแบ่งละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วางไว้นาน 30 นาที
- 3.11 อ่านระยะทางที่แป้งสุกไหลไป โดยเทียบกับกระดาษกราฟ (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 การจำแนกประเภทข้าวเจ้าตามค่าความคงตัวแป้งสุกของข้าว



แป้งสุกชนิด

แข็ง

ปานกลาง

อ่อน

แหล่งข้อมูล กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2545)

4. การแบ่งประเภทข้าว

ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)	ความคงตัวของแป้งสุก	ข้าวสุก
25 - 40	แข็ง	ร่วนมาก
41 - 60	ปานกลาง	ค่อนข้างร่วน
61 - 100	อ่อน	นุ่ม

5. ข้อควรระวัง

1. หม้อน้ำจะต้องเดือดพล่านหากเดือดไม่รุนแรงจะเกิดการนอนกันของแป้ง
2. เมื่อน้ำหมดบรรจุน้ำแป้งลงต้ม ต้องแน่ใจว่าแป้งไม่นอนกันหมด
3. ระดับน้ำของหม้อต้มน้ำต้องพอเหมาะ มิฉะนั้นแป้งจะเดือดล้นหมดแก้ว

3. การสลายเมล็ดในด่าง (Alkali test)

1. เครื่องมือ

- 1.1 เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม
- 1.2 ตู้อบ (oven)
- 1.3 ขวดแก้วปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- 1.4 จานพลาสติกใสพร้อมฝาปิด (petri dish) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร
- 1.5 บีกเกอร์แก้ว (beaker) ขนาด 1-2 ลิตร
- 1.6 เดสิเคเตอร์ (desicator)

2. สารละลายที่ใช้และวิธีเตรียม

- 2.1 โซดาสเตียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 87 %
- 2.2 โซดาสเตียมไฮโดรเจน ฟทาเลท (potassium hydrogen phthalate)
- 2.3 ฟีนอล์ฟทาเลอิน (phenolphthalein)

3. วิธีวิเคราะห์

- 3.1 การเตรียมสารละลายโซดาสเตียมไฮดรอกไซด์ อาจทำได้ 2 วิธี

3.1.1 เตรียม working solution โดยตรง ชั่งโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 19.54 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือดแล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็นเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.1.2 เตรียม working solution จาก stock solution

ก) ชั่งโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 588.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือดแล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็นเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้เป็น stock solution สำหรับเจือจางต่อไป

ข) นำ stock solution จาก ก) ปริมาตร 33 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร สำหรับใช้เป็น working solution

3.2 การหาความเข้มข้นของสารละลาย working solution

3.2.1 อบสารโปตัสเซียมพทาเลทที่อุณหภูมิ 130° เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเคลีเคเตอร์

3.2.2 ชั่งสารละลายโปตัสเซียมพทาเลทตาม 3.2.1 ประมาณ 0.5000 กรัม โดยอ่านให้ได้น้ำหนักที่แท้จริง

3.2.3 สารละลายโปตัสเซียมพทาเลทตาม 3.2.2 ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟธาลินเข้มข้น 1 % ลงไป 3 หยด ไทเทรตกับสารละลาย working solution จนสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรของ working solution ที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

3.2.4 ทำ blank ตามวิธีเดียวกับ 3.2.3 ไม่ใช้สารโปตัสเซียมพทาเลท

3.2.5 คำนวณหาความเข้มข้นของ working solution ดังนี้

$$\% \text{ โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์} = \frac{P}{204.23} \times \frac{56.109}{V-B} \times 100$$

เมื่อ V = ปริมาตรของ working solution ที่ใช้ในการไทเทรตกับโปตัสเซียมพทาเลท

B = ปริมาตรของ working solution ที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank

P = น้ำหนักของสารโปตัสเซียมพทาเลท (กรัม)

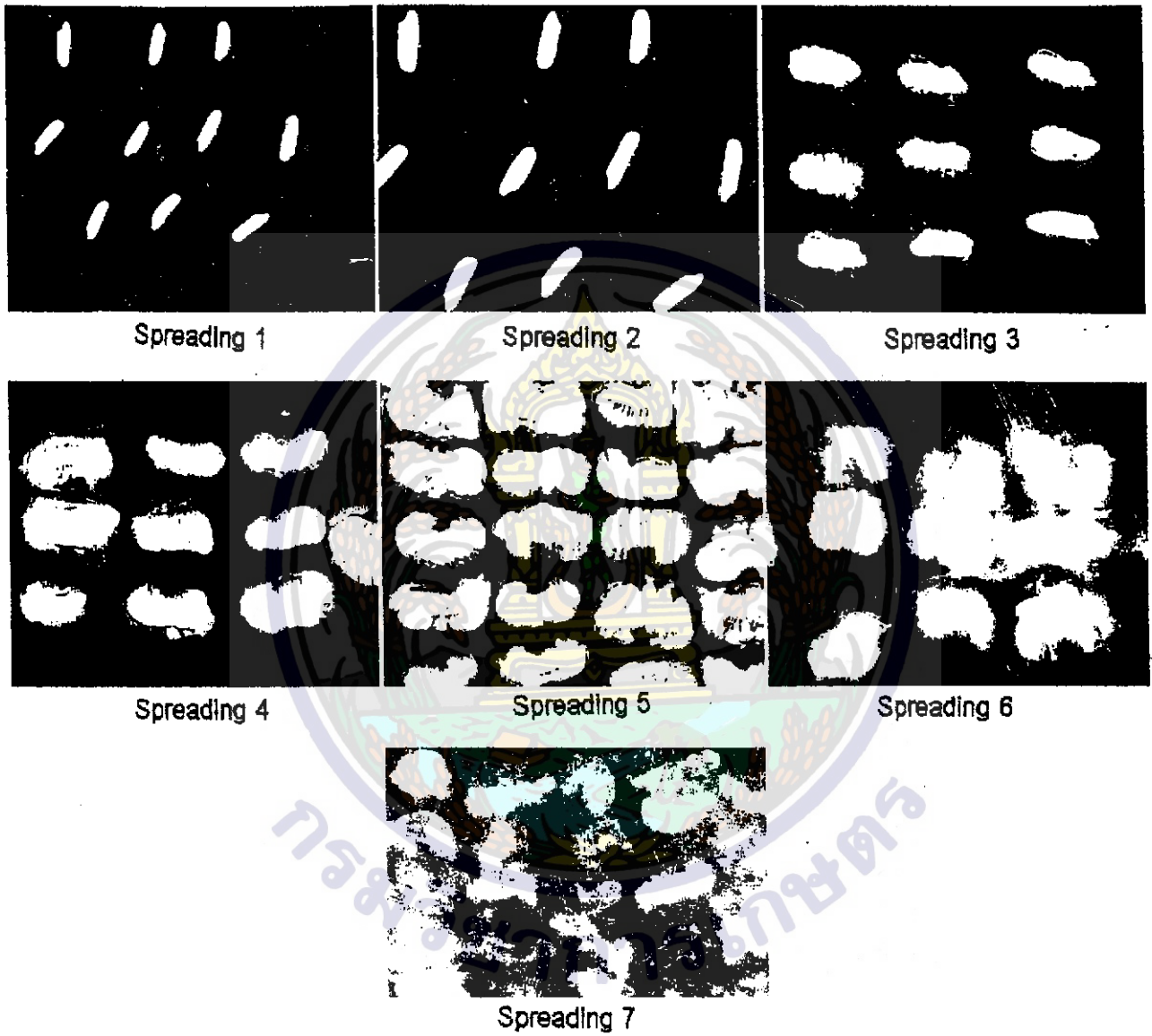
4. วิธีวิเคราะห์

4.1 สุ่มเมล็ดข้าวขาวมา 20 เมล็ด แบ่งใส่จานพลาสติกใส จำนวน 2 จานๆ ละ 10 เมล็ด แล้ววางบนพื้นราบสีดำ

- 4.2 เติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ลงในจานพลาสติกตาม 4.1 ปริมาณจานละ 5 มิลลิลิตร ให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควร แล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้อยู่กับที่ที่อุณหภูมิห้อง 30°C โดยไม่ขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง
- 4.3 ตรวจเมล็ดข้าว ตาม 4.2 โดยพิจารณาการสลายของเมล็ดข้าวในค้างแต่ละเมล็ดตาม ลักษณะการสลายตัวตามตาราง และรูปที่ 3

การสลายของเมล็ด	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในค้าง
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัว มีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัว มีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นปริมาณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
6	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกข้นขาว
7	เมล็ดข้าวสลายตัวทั้งเมล็ดและมีลักษณะเป็นแป้งเปียกใส

รูปที่ 3 ระดับการตายของเมล็ดข้าวในต่าง



แหล่งข้อมูล กรมวิชาการเกษตรและสำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2545)

4. กลิ่นหอมจากเมล็ดข้าว (Aroma of raw rice)

1. เครื่องมือ

- 1.1 หลอดทดลองขนาด 16 x 100 มิลลิเมตร พร้อมจุกแก้ว (หากใช้จุกยางต้องมีแผ่นพลาสติกกรองเพื่อป้องกันกลิ่นของยาง)
- 1.2 หม้อต้มน้ำ

2. สารเคมีและวัสดุ

- 2.1 น้ำเกลือเข้มข้น 10% ซึ่งเกลือปรุงอาหาร (table salt) หรือเกลือเจือไอโอดีนขององค์การเกษตรกรรม จำนวน 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

2.2 ตัวอย่างมาตรฐานเปรียบเทียบ

2.2.1 เตรียมข้าวสารใหม่ของพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ไม่หอมอีก 1 พันธุ์

2.2.2 ผสมข้าวเพื่อเปรียบเทียบระดับความหอมดังนี้

ข้าวดอกมะลิ 105	หอมมาก
ข้าวดอกมะลิ 105 + ข้าวธรรมดา = 1:1	หอม
ข้าวธรรมดา	ไม่หอม

3. วิธีการ

3.1 กลิ่นหอมในข้าวสาร

- 3.1.1 ชั่งเมล็ดข้าวสาร 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง (วิเคราะห์ตัวอย่างมาตรฐานพร้อมกันด้วย)
- 3.1.2 เติมน้ำเกลือ 10% ปริมาณ 2.0 มิลลิลิตร หรือให้ท่วมเมล็ดข้าว
- 3.1.3 ต้มในน้ำเดือด 3 นาที
- 3.1.4 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- 3.1.5 คมกลิ่นแต่ละหลอดให้ระยะเวลาระหว่างหลอดห่างกันอย่างน้อย 20 วินาที (ทั้งนี้แล้วแต่ความชำนาญของผู้วิเคราะห์)
- 3.1.6 เปรียบเทียบระดับกลิ่นหอมกับตัวอย่างมาตรฐาน

5. การยืดตัวของข้าวสุก (Grain elongation during cooking)

1. เครื่องมือ

- 1.1 ตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. สูง 10 ซม.
- 1.2 Vernier ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร
- 1.3 ภาชนะต้มน้ำ
- 1.4 ภาชนะแช่เมล็ดข้าว
- 1.5 จานพลาสติกพร้อมฝาปิด

1. วิธีการ

- 1.1 สุ่มเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ด 20 เมล็ด
- 1.2 วัดความยาวและกว้างของข้าวสาร 10 เมล็ดหาค่าเฉลี่ย
- 1.3 นำข้าวสาร 20 เมล็ดใส่ในตะแกรง
- 1.4 แช่ในน้ำนาน 30 นาที แล้วต้มในน้ำเดือด 10 นาที
- 1.5 ยกตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ เทข้าวในจานพลาสติกที่มีฝาปิด
- 1.6 เลือกเมล็ดที่ตรง 10 เมล็ด วัดความยาวและกว้าง
- 1.7 คำนวณหาอัตราและดัชนีการยืดตัวของข้าวสุก

$$\text{อัตราการยืดตัวของข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร}}$$

(Elongation ratio)